

2002 P 762 25



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 197 20 009 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>: 32  
**F 02 D 41/14**  
F 02 D 41/30  
F 02 D 41/38

②1 Aktenzeichen: 197 20 009.5  
②2 Anmeldetag: 13. 5. 97  
④3 Offenlegungstag: 19. 11. 98

DE 197 20 009 A 1

⑦1 Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦2 Erfinder:  
Wenzlawski, Klaus, Dr., 90429 Nürnberg, DE;  
Larisch, Benno, 92421 Schwandorf, DE;  
Freudenberg, Hellmut, 93080 Pentling, DE

⑤6 Entgegenhaltungen:  
DE 34 03 260 C2  
US 45 90 907

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

- ⑤4 Verfahren zur Zylinderleichstellung bezüglich der Kraftstoff-Einspritzmenge bei einer Brennkraftmaschine
- ⑤7 Zur gleichmäßigen Drehmomentabgabe der einzelnen Zylinder, insbesondere im Leerlauf der Brennkraftmaschine werden in Abhängigkeit der Drehzahldifferenz zwischen Kompression und Expansion der einzelnen Zylinder zylinderindividuelle Adaptionismengen ermittelt und bei der Berechnung der Gesamteinspritzmenge berücksichtigt.

DE 197 20 009 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Zylindergleichstellung bezüglich der Kraftstoff-Einspritzmenge bei einer Brennkraftmaschine gemäß dem Oberbegriff von Patentanspruch 1.

5 Kritische Betriebsbereiche einer Dieselmotorkraftmaschine sind Leerlauf und niedrige Teillast. Obwohl in diesem Betriebsbereich die Verbrauchswerte im Vergleich zu einer Otto-Brennkraftmaschine sehr günstig sind, wird bei modernen Dieselmotorkraftmaschinen aus Gründen der Wirtschaftlichkeit die Leerlaufdrehzahl weiter abgesenkt. Dabei wirken sich Unregelmäßigkeiten der Drehmomentabgabe, die beispielsweise darauf beruhen, daß aufgrund von Toleranzen der einzelnen Einspritzkomponenten den einzelnen Zylindern der Brennkraftmaschine unterschiedliche Kraftstoffmengen  
10 eingespritzt werden, in einer immer größeren, bemerkbaren Ungleichförmigkeit der Drehzahl aus. Die entstehenden Ungleichförmigkeiten können zum Beispiel in Kraftfahrzeugen zu einer nicht mehr zu vernachlässigenden Laufunruhe führen und Vibrationen verursachen.

In der DE 41 22 139 A1 ist ein Verfahren zur Vermeidung von auf unterschiedlichen Kraftstoff-Einspritzmengen beruhenden Drehungleichförmigkeiten beschrieben, bei dem zur adaptiven Gleichstellung der Zylinder die Drehbeschleunigung für jeden Verbrennungsvorgang erfaßt wird. Die gewonnenen Meßwerte werden miteinander verglichen und bei  
15 Abweichungen der Meßwerte voneinander werden die Kraftstoff-Einspritzmengen der einzelnen Zylinder entsprechend verändert, bis die Abweichungen ausgeglichen sind. Die Bestimmung der Drehbeschleunigung erfolgt dabei durch Bildung der Differenz zwischen der Drehzahl in zwei aufeinanderfolgenden Segmenten und anschließender Division durch die Durchlaufzeit des letzteren der beiden Segmente.

20 Aus der DE 36 09 245 C2 ist eine Vorrichtung zum Regeln der Leerlaufdrehzahl einer mehrzylindrigen Brennkraftmaschine, insbesondere einer Dieselmotorkraftmaschine mit einem Proportional-Integral-Differentialregler (PID-Regler) bekannt, bei der eine mittlere Drehzahl und eine zylinderbezogene Drehzahl mit Hilfe von Marken an der Kurbelwelle gemessen und ausgewertet werden. Abhängig von diesen Messungen wird mit Hilfe einer Einzelzylinderregelung eine Kraftstoffkorrektur durch Verändern der Regelkonstanten des PID-Reglers durchgeführt, so daß die Laufruhe der  
25 Brennkraftmaschine erhöht wird.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art anzugeben, mit dem die durch ungleichmäßige Drehmomentabgabe hervorgerufene Drehzahlungleichförmigkeit der einzelnen Zylinder einer mehrzylindrigen Brennkraftmaschine auf einfache Weise minimiert werden kann.

Diese Aufgabe wird gemäß den Merkmalen des Patentanspruches 1 gelöst. Durch Heranziehung der Drehzahldifferenz zwischen Kompression und Expansion des einzelnen Zylinders zur Gleichstellung der Kraftstoff-Einspritzmenge  
30 wird der Energiegewinn des Verbrennungsvorganges ausgenutzt. Dieser Energiegewinn wird für alle Zylinder gleichgesetzt, wodurch sich eine erhöhte Laufruhe, insbesondere im unteren Teillastbetrieb und im Leerlauf ergibt.

Vorteilhafte Weiterbildungen des Verfahrens finden sich in den Unteransprüchen.

Das Verfahren wird im folgenden anhand der einzigen Zeichnungsfigur näher erläutert. Es zeigt in Form eines Ablaufplanes die einzelnen Schritte zur Zylindergleichstellung (Cylinder Balancing) durch Ermittlung der zylinderindividuellen  
35 Adaptionenwerte für die einzuspritzende Kraftstoffmenge.

In einem ersten Verfahrensschritt S1 wird überprüft, ob vorgegebene Bedingungen erfüllt sind, die eine Einberechnung der Adaptionenwerte (Cylinder Balancing-Werte) in die Gesamtformel für die Einspritzmenge erlauben. Hierzu wird beispielsweise abgefragt, ob sich die Brennkraftmaschine im Betriebszustand Teillast oder Leerlauf befindet, die Drehzahl der Brennkraftmaschine unterhalb eines vorgegebenen Drehzahlgrenzwertes liegt und die Fahrerwunschmenge, die  
40 z. B. aus einem Pedalwert abgeleitet wird, von Null verschieden ist. Ist eine dieser Bedingungen nicht erfüllt, so wird das Verfahren mit den Verfahrensschritten S12 und S13 fortgesetzt. Es wird ein Wert ME\_ADD\_CBALneu gleich Null gesetzt, d. h. es findet aufgrund des momentan vorliegenden Betriebspunktes der Brennkraftmaschine keine Angleichung der den einzelnen Zylindern zuzuführenden Kraftstoffmenge statt. Das Verfahren ist damit beendet.

45 Liefert die Abfrage in Verfahrensschritt S1 ein positives Ergebnis, sind also die genannten Bedingungen erfüllt, wird im Verfahrensschritt S2 überprüft, ob auch die Adaptionenbedingung erfüllt ist. Eine Adaption der zylinderindividuellen Kraftstoffmengen zur Zylindergleichstellung ist nur im Betriebszustand Leerlauf zugelassen. Befindet sich die Brennkraftmaschine außerhalb des Leerlaufbereiches, so findet keine Adaption statt und der zylinderindividuelle Adaptionenwert bleibt unverändert (Verfahrensschritt S11):

50  $ME\_ADD\_CBAL_{neu} = ME\_ADD\_CBAL_{alt}$ .

Anschließend wird im Verfahrensschritt S13 dieser Wert ausgegeben und das Verfahren ist zu Ende.

Ist die Adaptionenbedingung aber erfüllt, werden die zylinderindividuellen Korrekturmengen laufend aktualisiert. Die  
55 Berechnung erfolgt auf der Basis der Abweichung von Expansions- und Kompressionsdrehzahl des zu betrachtenden Zylinders. Hierzu werden im Verfahrensschritt S3 die Werte für die Drehzahl bei Expansion  $N\_EXP$  und die Drehzahl bei Kompression  $N\_CPR$  für jeden Zylinder der Brennkraftmaschine einzeln erfaßt, daraus jeweils die Differenz gebildet und diese gefiltert, beispielsweise durch eine gleitende Mittelwertbildung:

60  $N\_DIF\_OBAL\_GMW(i) = N\_DIF(i) \cdot N\_DIF\_MITKO + N\_DIF\_CBAL\_GMW(i-m) \cdot (1-N\_DIF\_MITKO)$

mit

$N\_DIF\_OBAL\_GMW(i)$ : neuer Mittelwert

$N\_DIF\_OBAL\_GMW(i-m)$ : alter Mittelwert

65  $N\_DIF(i) = N\_EXP(i) - N\_CPR(i)$ : Drehzahldifferenz zwischen Expansion und Kompression

$N\_DIF\_MITKO$ : Mittelungskonstante, deren Wert zwischen 0 und 1 wählbar ist

i: Zylindernummer

m: Zylinderanzahl

Aus den für jeden Zylinder auf diese Weise ermittelten Werten  $N\_DIE\_OBAL\_GMW(i)$  wird im Verfahrensschritt S4 der Mittelwert über alle Zylinder gebildet:

$$N\_DIF\_CBAL\_MW\_GMW = 1/m * \sum_{i=1}^m N\_DIF\_CBAL\_GMW(i)$$

Im anschließenden Verfahrensschritt S5 wird die Regelabweichung  $N\_DIE\_CBAL(i)$  eines jeden Zylinders zum Mittel der Abweichungen aller Zylinder und der I-Anteil des Leerlaufreglers (PID-Regler) berechnet:

$$N\_DIE\_CBAL(i) = N\_DIE\_CBAL\_MW\_GMW - N\_DIE\_OBAL\_GMW(i).$$

Abhängig von der Regelabweichung  $N\_DIE\_CBAL(i)$  sind in einem Kennfeld eines Speichers der Steuerungseinrichtung für die Brennkraftmaschine zugehörige Werte für den I-Anteil der Leerlaufkraftstoffmenge  $KE\_ME\_ADD\_I\_CBAL$  als neuer Cylinder-Balancing Wert abgelegt.

Um sicherzustellen, daß das Cylinder Balancing nicht gegen die Leerlaufregelung arbeitet, wird abhängig vom Verhalten des Leerlaufreglers entschieden, ob die Adaption die Korrekturmengen für die einzelnen Zylinder erhöhen oder verringern darf. Dazu wird im Betriebszustand Leerlauf der gleitende Mittelwert der Leerlauf-Kraftstoffmenge gebildet:

$$ME\_GMW\_LL(i) = ME\_GMW\_LL(i-1) \cdot (1 - ME\_MITKO\_LL) + ME\_LL \cdot ME\_MITKO\_LL$$

mit

$ME\_LL$ : aktuelle Leerlaufmenge

$ME\_MITKO\_LL$ : Mittelungskonstante, deren Wert zwischen 0 und 1 wählbar ist

Dies wird gemacht, um zu erkennen, in welche Richtung die Adaption erfolgt, zu positiven oder negativen Werten hin.

Im Verfahrensschritt S7 wird geprüft, ob der Mittelwert der Leerlaufmenge  $ME\_GMW\_LL$  größer Null und der I-Anteil negativ ist. Ist dies der Fall, so wird im Verfahrensschritt S9 der Wert  $KF\_ME\_ADD\_I\_CBAL$  gleich Null gesetzt, andernfalls wird im Verfahrensschritt S8 überprüft, ob der Mittelwert der Leerlaufmenge  $ME\_GMW\_LL$  kleiner Null und der I-Anteil positiv ist. Liefert auch diese Abfrage ein positives Ergebnis, so wird ebenfalls zum Verfahrensschritt S9 verzweigt. Es findet eine Begrenzung des Kennfeldausgangswertes statt.

Liefern dagegen beide Abfragen in den Verfahrensschritten S7 und S8 negative Ergebnisse, so findet keine Begrenzung des Kennfeldausgangswertes  $KF\_ME\_ADD\_I\_CBAL$  statt und im Verfahrensschritt S10 erfolgt die Berechnung des neuen Adaptionswertes:

$$ME\_ADD\_CBAL_{neu} = ME\_ADD\_CBAL_{alt} + KF\_ME\_ADD\_I\_CBAL$$

Anschließend wird im Verfahrensschritt S13 die zur Zylindergleichstellung berücksichtigende Adaptionsmenge (Korrekturmenge)  $ME\_ADD\_CBAL$  ausgegeben, die additiv zur Fahrerwunschmenge bei der Gesamtformel zur Bestimmung der Einspritzmenge eingeht. Diese Adaptionsmenge ist entweder Null (Verfahrensschritt S12), wenn aufgrund des Betriebszustandes der Brennkraftmaschine die Cylinder Balancing-Funktion nicht berücksichtigt wird oder der alte, früher berechnete Wert, weil keine Adaption zugelassen ist (Verfahrensschritt S11) oder der im Verfahrensschritt S10 neu-berechnete Wert.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Zylindergleichstellung bezüglich der Kraftstoff-Einspritzmenge bei einer mehrzylindrigen Brennkraftmaschine, wobei zur adaptiven Gleichstellung der Zylinder Drehzahlabweichungen erfaßt und ausgewertet werden, **dadurch gekennzeichnet**, daß

- die Werte für die Drehzahl bei Expansion ( $N\_EXP(i)$ ) und die Drehzahl bei Kompression ( $N\_CPR(i)$ ) für jeden Zylinder ( $i$ ) der Brennkraftmaschine erfaßt werden,
- daraus jeweils eine Drehzahldifferenz ( $N\_DIF(i)$ ) gebildet wird und
- in Abhängigkeit von der Drehzahldifferenz ( $N\_DIF(i)$ ) zylinderindividuelle Adaptionsmengen ( $ME\_ADD\_CBAL(i)$ ) für die Zylindermengengleichstellung ermittelt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehzahldifferenz ( $N\_DIF(i)$ ) mittels einer gleitenden Mittelwertbildung ( $N\_DIF\_CBAL\_GMW(i)$ ) gefiltert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß

- aus den zylinderindividuellen Drehzahldifferenzen ( $N\_DIF(i)$ ) bzw. den gefilterten Drehzahldifferenzen ( $N\_DIF\_CBAL\_GMW(i)$ ) ein Drehzahlmittelwert ( $N\_DIF\_CBAL\_MW\_GMW$ ) über alle Zylinder ( $i$ ) gebildet wird,

- eine Regelabweichung ( $N\_DIF\_CBAL(i)$ ) eines jeden Zylinders ( $i$ ) zum Mittel der Abweichung ( $N\_DIF\_CBAL\_MW\_GMW$ ) aller Zylinder ( $i$ ) berechnet wird und
- abhängig von der Regelabweichung ( $N\_DIF\_CBAL(i)$ ) Werte für eine Leerlaufkraftstoffmenge ( $KF\_ME\_ADD\_I\_CBAL$ ) in einem Kennfeld abgelegt sind, die bei der Berechnung der Adaptionswerte ( $ME\_ADD\_CBAL(i)$ ) berücksichtigt werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der neue Adaptionswert berechnet wird aus dem alten Adaptionswert und dem Kennfeldwert zu

$$ME\_ADD\_CBAL_{neu} = ME\_ADD\_CBAL_{alt} + KF\_ME\_ADD\_I\_CBAL$$

5. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Kennfeldwert (KF\_ME\_ADD\_I\_CBAL) in Abhängigkeit vom Mittelwert der Leerlaufkraftstoffmenge (ME\_GMW\_LL(i)) begrenzt ist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

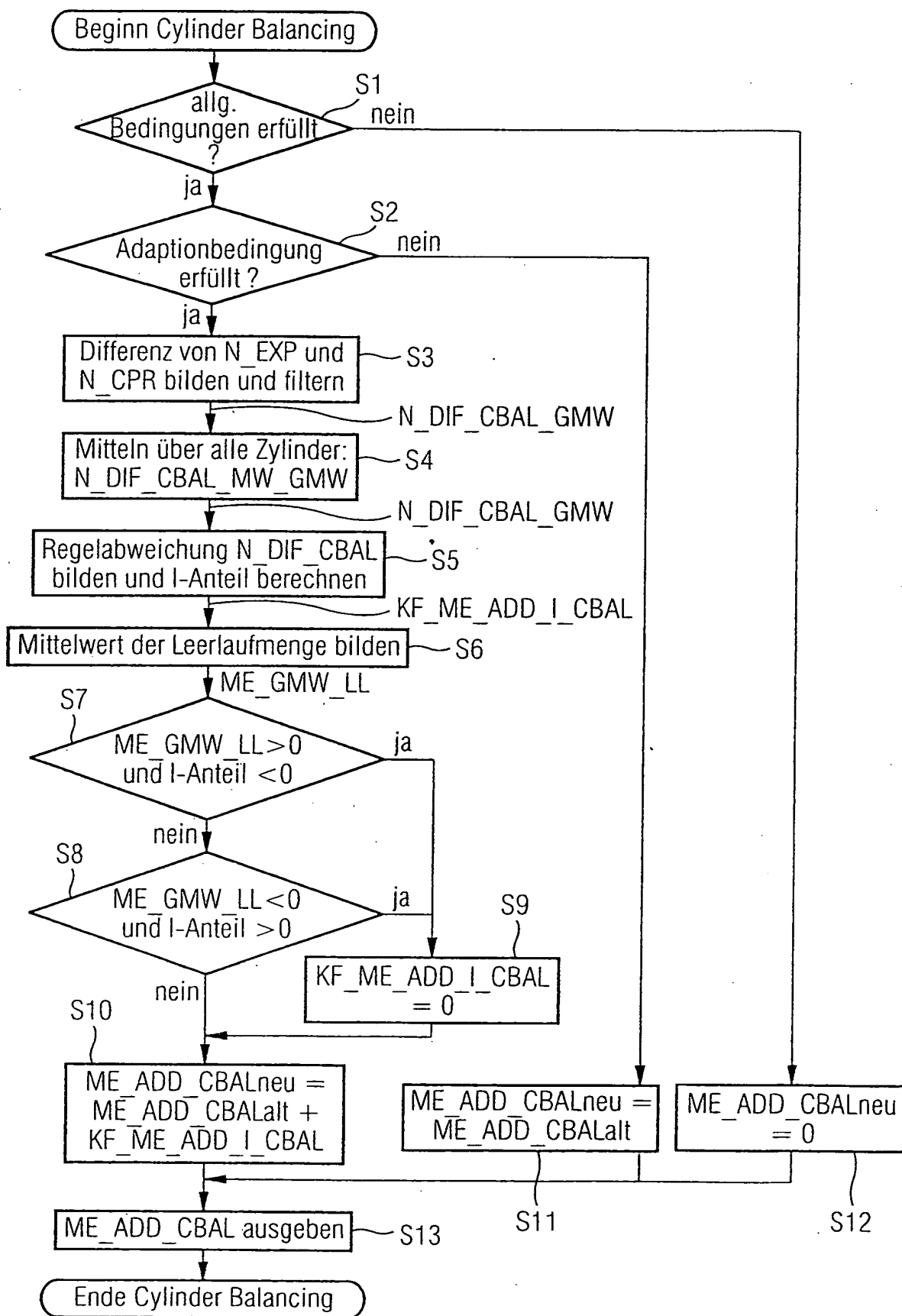
50

55

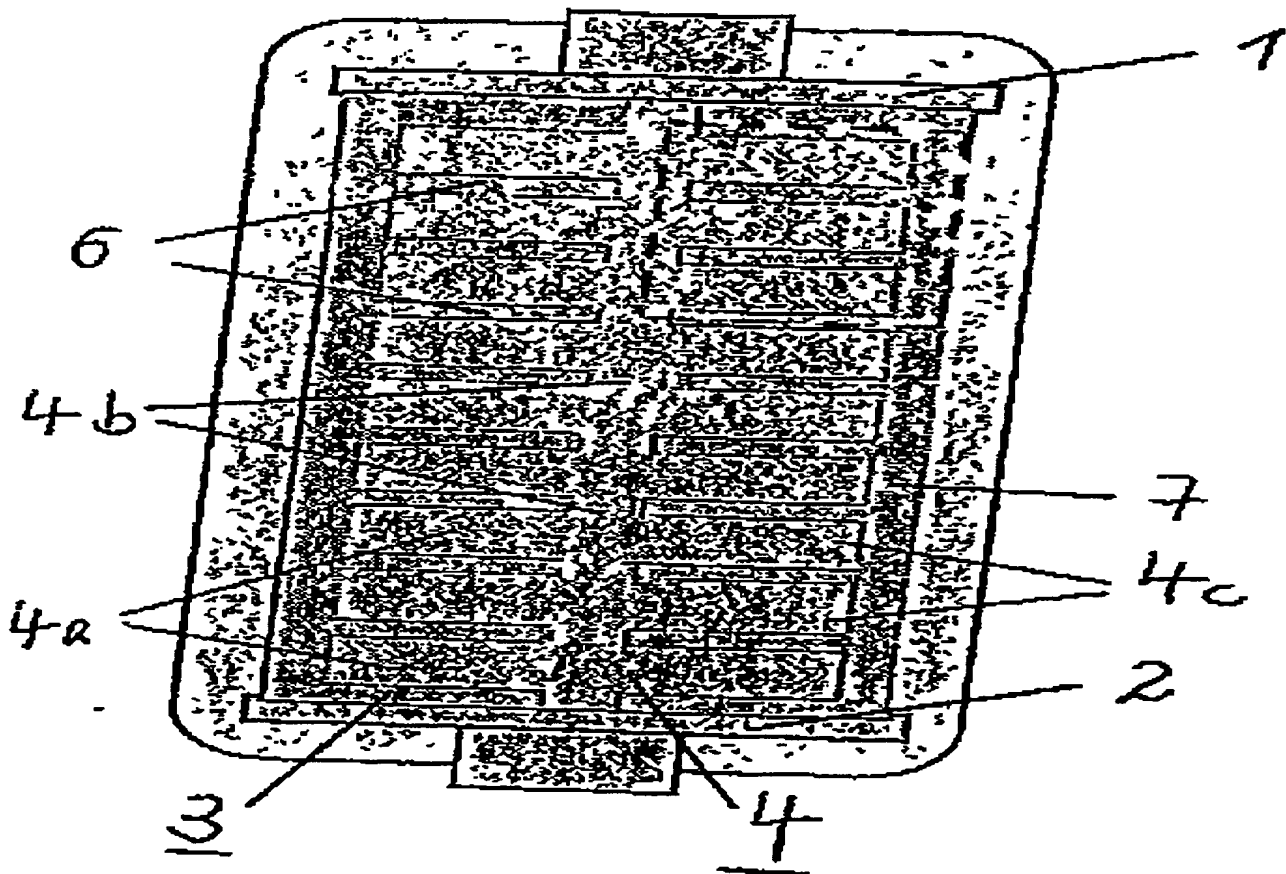
60

65

- Leerseite -



AN: PAT 1999-000250  
TI: Method of cylinder equalisation wrt fuel injection quantity for IC diesel engine involves using difference of detected compression and expansion speed values for each cylinder to determine individual adaptation quantities required for equalisation  
PN: DE19720009-A1  
PD: 19.11.1998  
AB: The method involves detecting and evaluating the cylinder revolution (revs) rate deviations for adaptive equalisation. The values of revs. Rate are determined for expansion (NEXP(i)) and compression (NCPR(i)) for each cylinder. A difference value (NDIF(i)) is derived from the detected values and is used to determine the individual adaptation quantities for the cylinders in order to achieve equalisation.; Minimises revs. Rate irregularities arising from non-uniform torque delivered by individual cylinders using simple technique. .  
PA: (SIEI ) SIEMENS AG;  
IN: FREUDENBERG H; LARISCH B; WENZLAWSKI K;  
FA: DE19720009-A1 19.11.1998; DE19720009-C2 31.08.2000;  
CO: DE;  
IC: F02D-041/14; F02D-041/30; F02D-041/38;  
MC: S02-J01A; X22-A03A1C; X22-A03D; X22-A05C; X22-A20C;  
DC: Q52; S02; X22;  
FN: 1999000250.gif  
PR: DE1020009 13.05.1997;  
FP: 19.11.1998  
UP: 04.09.2000



Docket # S3-02P16225

Applic. # PCT/EP2003/013378

Applicant: JEROME BOUCHAIN ET AL.

Lerner and Greenberg, P.A.

Post Office Box 2480

Hollywood, FL 33022-2480

Tel: (954) 925-1100 Fax: (954) 925-1101